

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO,

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-162496

(43)Date of publication of application : 20.06.1997

(51)Int.Cl.

H01S 3/18
H01L 21/314

(21)Application number : 07-322759

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>

(22)Date of filing : 12.12.1995

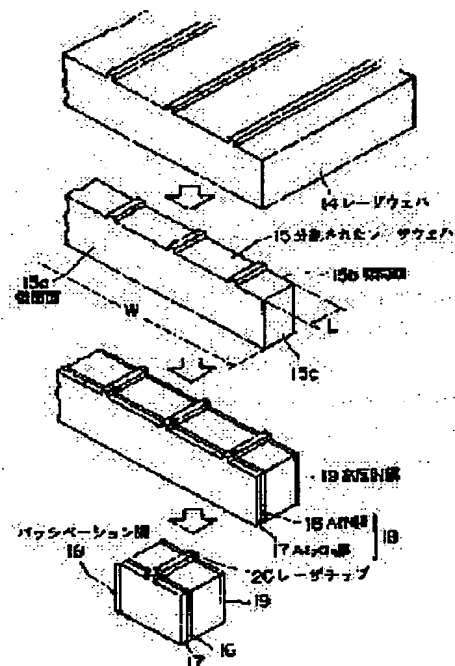
(72)Inventor : NISHITANI AKIHIKO
SUGO MITSURU
TAMAMURA TOSHIAKI
ITAYA YOSHIO

(54) SEMICONDUCTOR LASER AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a highly reliable high-output semiconductor laser and a method for manufacturing the laser.

SOLUTION: A two-layer passivation film 18 constituted of a first thin film which is brought into contact with a semiconductor and composed of the nitride of Al, Si, Ga, or Ti, for example, AlN film 16 and a thick oxide film or oxide and nitride film composed of Al, Si, Ga, or Ti, for example, Al₂O₃ film 17 is used as the reflection preventing film of the end face of a resonator or the reflection preventing film of the end face and the first layer of a highly reflecting film 19. In addition, part or whole of the passivation film 18 is formed by using the ECR plasma deposition method.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 05.06.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-162496

(43)公開日 平成9年(1997)6月20日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	
H 0 1 L 21/314			H 0 1 L 21/314	A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平7-322759

(22)出願日 平成7年(1995)12月12日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 西谷 昭彦

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 須郷 満

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 玉村 敏昭

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

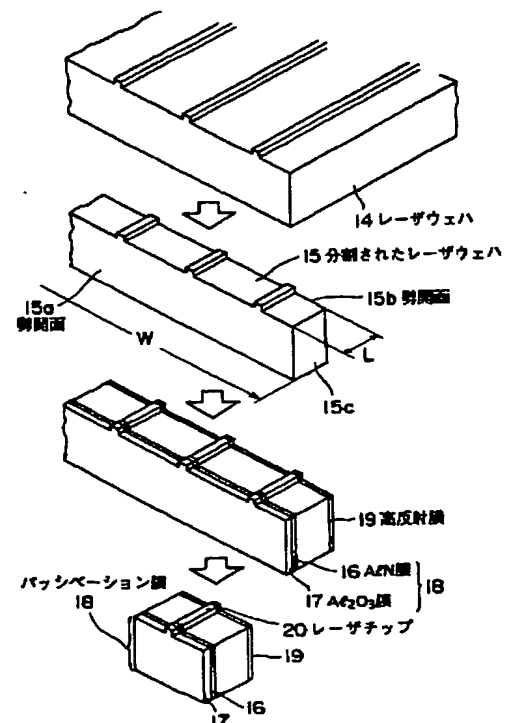
(74)代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザ及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 高出力、高信頼性の半導体レーザおよびその製造方法を提供すること。

【解決手段】 半導体界面に接する第1の薄膜をAl、Si、Ga、Tiからなる群から選択した元素の薄い窒化膜例えばAlN膜16により、および続く第2の薄膜をAl、Si、Ga、Tiからなる群から選択した元素の厚い酸化膜あるいは酸化窒化膜例えばAl₂O₃膜17により構成された2層のバッシベーション膜18を共振器端面の反射防止膜とする、あるいは反射防止膜および高反射膜19の第1層とする。さらに、バッシベーション膜18の一部または全部を、ECRプラズマ付着法により形成する。

(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 端面がパッシベーション膜によって被覆された半導体レーザにおいて、酸素を組成元素としない第1の材料からなり該端面に接する第2の薄膜と、酸素を組成元素とする第2の材料からなり該第1の薄膜の上に積層された第2の薄膜とから形成された積層膜を、該パッシベーション膜とすることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 前記第1の材料が、Al、Si、Ga及びTiからなる群より選ばれた元素の窒化物であり、前記第2の材料がAl、Si、Ga及びTiからなる群より選ばれた元素の酸化物である請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項3】 前記第1の薄膜が0.5～10nmの厚さを有し、前記第2の薄膜が50～1000nmの厚さを有する請求項1又は2に記載の半導体レーザ。

【請求項4】 請求項1から3のいずれかに記載の半導体レーザを製造する方法として、前記第1の薄膜をプラズマ・クリーニング作用を有する薄膜形成方法によって形成する工程を備えたことを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項5】 前記第1の薄膜を形成する前記工程に引き続き、プラズマ・クリーニング作用をする薄膜形成方法により前記第2の薄膜を形成する工程を備えた請求項4に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項6】 前記薄膜形成方法が、電子サイクロトロン共鳴(ECR)プラズマ付着法である請求項4又は5に記載の半導体レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は高出力半導体レーザ及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、ガリウム砒素(GaAs)基板上に積層された半導体層を有する半導体レーザが種々提案されている。このような半導体レーザの中で、GaAs/AlGaAs量子井戸、InGaPを活性層とした0.6ないしは0.8 μ m帯のレーザは光情報記録あるいは再生、光印刷および光応用計測に用いられている。また近年、InGaAs/GaAs歪量子井戸層を活性層とした0.8から1 μ mの波長帯のレーザは光通信、特にファイバンプ用の励起光源として用いられるようになっている。これらのレーザには高出力動作が求められているが、高出力動作時においても十分な寿命を保証するのが困難であるという問題があった。

【0003】半導体レーザの劣化原因についてはこれまでいくつかの検討が行われてきている。これらは共振器端面の光学損傷破壊、すなわちCOD(Catastrophic Optical Damage)や表面の変質、結晶転位欠陥の増殖による点欠陥あるいは線欠陥の発生、およびオーミック電

極の破損に起因するものに大別される。とりわけ、GaAs基板上に積層された半導体層を有する半導体レーザにおいては、共振器端面のCODが高出力動作時においてレーザの寿命を決定づける重要な劣化原因であることが指摘されている。

【0004】前記のCODは半導体レーザの共振器端面近傍がレーザ内部で発生した光に対して吸収領域になっていることにより発生する。これは共振器端面の半導体表面において酸素の吸着および表面の酸化などによりダングリングボンドが形成されるために、半導体表面に特有な深い準位が生じて、端面近傍の禁制帯幅が実質的に狭くなっていることによる。半導体表面に存在する表面準位を介した非発光再結合は温度上昇を伴うために、端面近傍の禁制帯幅がさらに減少してますます光吸収が起こるという正帰還が生じる。従って、端面の融解等、端面の破壊が起こり、光出力が低下して、非可逆的な劣化につながる。なお、CODによる端面の劣化は、ほとんどが反射防止膜が形成されたミラー・ファセットの端面近傍において観測されている。

【0005】上記のCODの臨界光出力を向上して、高出力動作時における十分な寿命を保証するためには、共振器端面の不動態化、すなわちパッシベーションが重要であることが指摘されている。ミラー・ファセットのパッシベーション技術のうちで、下記の文献1において高出力半導体レーザの劣化特性の改善および高出力動作時における信頼性の向上が開示されている。

文献1：特開平3-101183号公報(半導体レーザ・ダイオード及びそのミラー・パッシベーション方法)

【0006】この文献1では、次のように信頼性の改善について論じている。すなわち、連続出力約50mWで使用した場合、初期劣化を示すいわゆる「バーンイン」期間が観測されず、室温で500時間動作後に得られる劣化速度が毎時 10^{-6} 以下である。また、測定可能な劣化なしに300時間以上にわたって、300mW以上の出力が維持されている。

【0007】また、前記文献1では、下記に示す方法でミラー・パッシベーションを行っている。すなわち、初期汚染のない環境で劈開を行うか、またはミラー・エッチングを行った後、ミラー表面を洗浄して、汚染のないミラー・ファセットを形成する。前記のミラー・ファセットに対して、酸素を含有しない材料からなる絶縁性または低伝導性のパッシベーション膜をその場で形成する。前記のパッシベーション膜は、シリコン(Si)、ゲルマニウム(Ge)、アンチモン(Sb)のいずれか1層、あるいは、SiとSiの窒化膜(Si_3N_4)の2層からなる。さらに、パッシベーション膜をその場で形成するために、劈開および膜付着の環境として 10^{-6} Pa以下の圧力を要求している。

【0008】従って、文献1の上記方法では、劈開を行うための装置をパッシベーション膜を形成する装置の真

(3)

空システム中に置くことになり、前記の目的に特化した大がかりな装置が必要になってくる。または、信頼性が劣ると考えられるエッチング・ミラーを共振器端面として用いることになる。更に、上記文献1では、空気中で劈開した後、プラズマ・クリーニングにより汚染のないミラー・ファセットを形成する方法については、具体的には論じられていない。

【0009】さらに、本発明と関連して、アルミニウム(A1)あるいはSiの窒化膜をパッシベーション膜として用いることについては、下記文献2において開示されている。

文献2：特開平6-268327号公報(半導体発光素子)

【0010】この文献2では、熱膨張係数の小さいA1あるいはSiの窒化膜等をミラー・ファセットのパッシベーション膜として用い、半導体表面の禁制帯幅をパッシベーション膜の応力により増大して、半導体表面準位による光吸収が起こらないようにできると論じている。

【0011】しかし、上記文献2には、半導体レーザの信頼性に関する記載がなく、また、その方法では、パッシベーション膜の応力による例えばダークラインの発生のような劣化が考えられる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、文献1による半導体レーザでは、高出力動作時における信頼性の改善が図られているが、専用の装置による高真空雰囲気中において劈開を行うことを前提としているという欠点がある。さらにまた、文献2の技術では、酸素を含有しないパッシベーション膜は一般に応力が高く、例えばダークラインの発生のような劣化に結びつくと考えられる。

【0013】本発明はこのような事情に基づいてなされたものであり、その目的は、高真空雰囲気中における劈開を行うことなく、より簡便な製造方法を用いて、高出力動作時における信頼性を保証できる半導体レーザを提供することにある。また、他の目的は、このような高出力、高信頼性半導体レーザの製造方法を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明は以下に示すような手段を講ずる。

(1) 手段1：半導体レーザの端面に、酸素を組成元素としない第1の薄膜と、酸素を組成元素とする第2の薄膜を順次被覆してパッシベーション膜とすること。

(2) 手段2：前記第1の薄膜がAl、Si、Ga及びTi(チタン)からなる群より選ばれた元素の窒化物であり、前記第2の薄膜がAl、Si、Ga及びTiからなる群より選ばれた元素の酸化物であること。ここで、酸化物には酸化窒化物も含まれる。

(3) 手段3：前記第1の薄膜の厚さが0.5nm～1

0nmであり、前記第2の薄膜の厚さが50nm～1000nmであること。

(4) 手段4：前記第1の薄膜を、プラズマ・クリーニング作用を有する薄膜形成方法によって形成すること。

(5) 手段5：前記第1の薄膜に加え前記第2の薄膜も、プラズマ・クリーニング作用を有する薄膜形成方法によって形成すること。

(6) 手段6：プラズマ・クリーニング作用を有する薄膜形成方法が、電子サイクロトロン共鳴(ECR)プラズマ付着法であること。

【0015】即ち、本発明による半導体レーザは、端面がパッシベーション膜によって被覆された半導体レーザにおいて、酸素を組成元素としない第1の材料からなり該端面に接する第2の薄膜と、酸素を組成元素とする第2の材料からなり該第1の薄膜の上に積層された第2の薄膜とから形成された積層膜を、該パッシベーション膜とすることを特徴とし、あるいは、更に前記第1の材料がAl、Si、Ga及びTiからなる群より選ばれた元素の窒化物であり、前記第2の材料がAl、Si、Ga及びTiからなる群より選ばれた元素の酸化物であることを特徴とし、あるいは、前記第1の薄膜が0.5～10nmの厚さを有し、前記第2の薄膜が50～1000nmの厚さを有することを特徴とするものである。

【0016】また本発明による半導体レーザの製造方法は、上記の半導体レーザを製造する方法として、その第1の薄膜をプラズマ・クリーニング作用を有する薄膜形成方法によって形成する工程を備えたことを特徴とし、あるいは、更に前記第1の薄膜を形成する前記工程に引き続き、前記と同じくプラズマ・クリーニング作用を有する薄膜形成方法により前記第2の薄膜を形成する工程を備えたことを特徴とし、あるいは、更に前記薄膜形成方法が、ECRプラズマ付着法であることを特徴とするものである。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態に係る半導体レーザは、半導体端面に接する第1の薄膜を薄い窒化膜により、および続く第2の薄膜を厚い酸化膜(あるいは酸化窒化膜)により構成された2層のパッシベーション膜を持つ。このパッシベーション膜の第1の薄膜は酸素を含有しないので、膜の付着開始時に半導体界面に酸素を供給することがなく、しかも、膜が十分に緻密であれば、酸素の拡散に対する障壁として機能できる。従って、高出力動作時においても、パッシベーション膜が半導体界面の酸化の進行を妨げるので、CODの発生を未然に防止できる。また、厚い酸化膜である第2の薄膜は応力が比較的強く、かつ第1の薄膜が十分に薄い膜であるので、全体として、応力による例えばダークラインの発生のような劣化を引き起こすことなく、パッシベーション膜を形成できる。さらに、第2の薄膜は酸化膜なので、熱伝導率が比較的高く、半導体レーザの放熱特性を

(4)

改善している。従って、共振器端面近傍における温度上昇を抑制できるので、CODの発生を防止できる。このようなパッシベーション膜を共振器端面の反射防止膜としたり、あるいは反射防止膜及び高反射膜の第1層とすることにより、高出力、高信頼性の半導体レーザが得られる。ここで、第1の薄膜の厚さが10nmより厚いと、応力が端面に入りすぎてCODにとって好ましくなく、0.5nmより薄いと薄膜形成が難しい。また、第2の薄膜の厚さが1000nmより厚いと、応力が入り易くCODにとって好ましくなく、また膜が剥がれたりし、50nmより薄いと反射率を低くするのが難しい。

【0018】次に、本発明の実施の形態に係る半導体レーザの製造方法について説明する前に、この方法の重要な要素の一つであるECRプラズマ付着法について説明する。このECRプラズマ付着法については、下記文献3に詳細が記載されている。文献3：小野俊郎（T. Ono）他、「スパッタ効果により原料の供給を行う電子サイクロトロン共鳴プラズマ付着法（Electron Cyclotron Resonance Plasma Deposition Technique Using Raw Material Supply by Sputtering）」、Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 23, No. 8（1984年3月26日）、pp. L534-L536

【0019】この文献3によれば、ECRプラズマ付着法は、例えば、図3に示すような装置構成で膜付着を行う。同図において、ECRプラズマは、周波数2.45GHzのマイクロ波を導波管31から石英窓32を通してプラズマ室33に導入し、87.5mTのECR条件に相当する外部磁場を例えば磁気コイル36によりかけることで効率的にマイクロ波とプラズマを結合させることにより生成する。このため、例えばアルゴン（Ar）ガスの場合で10mA/cm²以上の高密度プラズマを生成可能である。膜付着の場合、例えばAlのスパッタターゲット34をプラズマ取り出し口に配置し、スパッタ電源37で直流電流を印加して、プラズマ流38中イオンのスパッタ効果により膜形成原料元素、すなわちAlを供給する。高密度プラズマであるために、例えばガスとしてArと窒素（N₂）を用いることで、試料35表面における供給されたAlの窒化反応により窒化膜（AlN）を試料に付着できる。または、スパッタターゲット34表面でのAlの窒化反応によりAlNの形で試料35表面に膜材料を供給することも可能であるが、いずれのモードで膜付着を起こさせるかは、プラズマ条件を変えることで選択できる。本実施の形態では、前者の試料35表面での窒化反応を利用した膜付着のモードを用いることにする。

【0020】上述の如くECRプラズマ付着法は、高密度プラズマによる膜付着を行うので、比較的低温で膜を付着でき、比較的緻密な膜を形成できる。従って、この方法で形成された窒化膜は酸素の拡散に対する障壁として十分に機能できる。また、膜が緻密なため、熱膨張係

数も十分小さいので、半導体表面の禁制帯幅の温度変化を抑制できる。これらの膜特性は、いずれもCODの抑制につながる。さらに、窒化膜の付着には、ガスとしてArとN₂を用いるので、空气中で劈開されたミラー・ファセットに対して高密度プラズマによるクリーニング作用の効果がある。すなわち、半導体表面に吸着した酸素あるいは酸化膜をプラズマが取り除きつつ、膜付着を開始できる。しかも試料35自身にはバイアス電圧を印加しないので、プラズマによる試料35の損傷はほとんどない。また、試料35表面での窒化反応を利用する膜付着のモードを用いることにより、プラズマ中の窒素が半導体表面の酸素と置き変わる反応、あるいはダングリングボンドに結合する反応が起こり、緻密な窒化膜の付着もあって、安定な酸化物を生成しにくく、Ga、As等のダングリングボンドを減少できる。

【0021】これらの効果によりパッシベーション膜/半導体界面の準位の数減少でき、パッシベーション膜半導体界面における非発光再結合速度を低下できるので、CODの抑制につながる。従って、高出力動作時における信頼性を保証することが可能になる。

【0022】

【実施例】以下、本発明による半導体レーザ及びその製造方法の一実施例を図面を参照して説明する。

【0023】図1は、本発明の実施例による半導体レーザのリッジ・ストライプと垂直な断面構造を示す。1はn⁺-GaAs基板、2はn-GaAsバッファ層、3はn-AlGaAsクラッド層、4および8はAlGaAsガイド層、5および7はAlGaAsSCH層、6はInGaAs歪量子井戸活性層、9はp-AlGaAsクラッド層、10はp⁺-GaAsコンタクト層、11は絶縁層、12はp電極、13はn電極である。図示しないが、例えば、紙面と平行な表側の端面にAlNによる第1の薄膜とAl₂O₃による第2の薄膜とからなるパッシベーション膜が形成され、裏側の端面には高反射膜が形成される。

【0024】図1の構造を実現するために、まず、エビタキシャル結晶成長装置（MOVPE法：有機金属気相成長法、あるいはMBE法：分子線エビタキシー法）により、n⁺-GaAs基板1上にn-GaAsバッファ層2からp⁺-GaAsコンタクト層10までを順に成長する。

【0025】MOVPE法では、半導体薄膜成長用の原料としてトリメチルインジウム（TMI）、トリエチルガリウム（TEG）、トリメチルアルミニウム（TMA）およびアルシン（AsH₃）を、n型ドーパントとしてセレン化水素（H₂Se）を、p型ドーパントとしてジエチルジnk（DEZn）を利用した。エビタキシャル成長温度は約700℃、成長圧力は約10⁴Paとしている。キャリアガスは水素（H₂）である。

【0026】MBE法では、原料として金属ガリウム

(5)

(Ga)、インジウム(In)、Alおよび固体砒素(As)を、n型ドーパントとしてSiを、p型ドーパントとして亜鉛(Zn)を利用した。エピタキシャル成長温度は約650℃、成長圧力は約 10^{-2} Paとしている。

【0027】成長後、 p^+ -GaAsコンタクト層10およびp-AlGaAsクラッド層9を加工して、幅1.5から3 μ m程度のリッジ導波路を形成する。すなわち、フォトリソグラフィでレジストに対してパターン形成をする。このパターンをマスクとして湿式あるいは乾式エッチングにより、コンタクト層10およびクラッド層9を加工する。加工の深さは横モードを考慮して決定し、AlGaAsガイド層8までエッチングする場合もある。

【0028】リッジ導波路形成後、例えばマグネトロン・スパッタ法でSiの酸化膜(SiO_2)からなる絶縁層11を基板表面全体に形成し、リッジ上部の電流注入領域にあたる SiO_2 をエッチバックにより除去する。その後、例えばクロム(Cr)および金(Au)(Cr/Au)からなるか、あるいはTi、白金(Pt)およびAu(Ti/Pt/Au)からなるp電極12を形成する。その後、厚さ100 μ mまで裏面を研磨し、例えばAu、ゲルマニウム(Ge)およびニッケル(Ni)(Au/Ge/Ni)からなるn電極13を形成する。最後にオーミックシンターにより電極部を完成する。

【0029】こうして形成された図2に示すようなレーザウェハ14を、空気中においてリッジ・ストライプと垂直方向に劈開して、同図2に示すように例えば長さ $W=10$ mm、幅 $L=900\mu$ mのウェハ15に分割する。ここでは、リッジ・ストライプと垂直なウェハの長手方向の劈開面15a、15bをミラー・ファセットとするため、レーザの共振器長はウェハ幅Lの900 μ mとなる。

【0030】次に、分割されたウェハ15を、治具に固定した後、例えば図3に示したECRプラズマ付着装置に、劈開面15aを膜付着の方向に向けて装填する。この時、ターゲットとしては、例えばAlを用いる。ECRプラズマ付着装置の真空システムの真空度を十分に、すなわち 10^{-3} Pa以下にさげて、ウェハ温度を200℃にした後、まず、第1の薄膜としてアルミニウムの窒化膜(AlN)16を付着させるために、Arおよび N_2 ガスをプラズマ室33に導入し、膜付着を開始する。AlN膜16を厚さ5nm付着させた後、続いて第2の薄膜としてアルミニウムの酸化膜(Al_2O_3)17を付着させるために、ガスをArおよび酸素(O_2)に切り替えて、その場で膜付着を再開する。 Al_2O_3 膜17を厚さ110nm付着させて、パッシベーション膜(AlN/ Al_2O_3)18の形成を完了する。このパッシベーション膜18を共振器端面の保護膜および反射防止膜とする。

【0031】その後、ECRプラズマ付着装置から治具を取り出して、分割されたウェハを治具から取り外す。このウェハのもう一方の劈開面15bに、例えばマグネトロン・スパッタ法を用いて、例えば Al_2O_3 および非晶窒素シリコン(α -Si)の2重の2層膜(Al_2O_3/α -Si/ Al_2O_3/α -Si)を高反射膜19として付着させる。その後、ウェハを劈開により個々のレーザに分割して、レーザチップ20を得る。

【0032】このようにして得たレーザチップ20を用いて、モジュールとしての組立および実装を行い、半導体レーザ装置とする。

【0033】以上、本発明をAlGaAsリッジ型半導体レーザの製造への適用について、詳細に説明した。しかし、本発明は他の構造の半導体レーザ、およびAlGaAs以外の化合物半導体からなる半導体レーザにも同様に適用可能である。また、製造工程およびデバイス・パラメータは、上記説明のものと異なるものであってもよい。また、パッシベーション膜18を第1層としてその上に反射防止膜を更に形成しても良い。また、高反射膜19を形成する前にも、劈開面15bに、パッシベーション膜18と同じく薄いAlN膜と厚い Al_2O_3 膜をECRプラズマ付着法により順次積層し、このパッシベーション膜を高反射膜の第1層としても良い。

【0034】次に、上記の本発明による半導体レーザの高出力動作時における信頼性について図面を参照して説明する。

【0035】図4は、上記に説明した方法により製造された半導体レーザ、すなわち劈開したミラー・ファセット上にECRプラズマ付着法により形成された5nmのAlN(第1の薄膜)16と110nmの Al_2O_3 (第2の薄膜)17により構成された2層のパッシベーション膜18を有する半導体レーザを、150mW一定の光出力で連続動作させた場合の動作電流と動作時間の関係を示す。曲線41が本発明による半導体レーザの動作電流曲線である。ここで、半導体レーザは、50℃の環境下に置かれ、150mW一定の光出力が得られるように動作電流の調整を行っている。図4からわかるように、測定可能な劣化なしに、1000時間以上にわたって、150mW一定の光出力が維持されている。また、曲線41では「バーンイン」期間が観測されず、劣化速度も毎時 10^{-6} 以下である。

【0036】図4における上記観測は、本発明による半導体レーザが高出力動作時における信頼性に優れていることを示す。

【0037】次に図5は、上記の本発明による5nmのAlN膜16と110nmの Al_2O_3 膜17により構成された2層のパッシベーション膜18を有する半導体レーザと、従来のマグネトロン・スパッタ法により形成した110nmの Al_2O_3 により構成された1層のパッシベーション膜を有する半導体レーザとの、図4の条件に

(6)

おける1000時間連続動作後の光出力と動作電流の関係を示す。曲線51が本発明による半導体レーザの光出力曲線であり、また、曲線52がパッシベーション膜以外は曲線51のものと同一、従来の半導体レーザの光出力曲線であり、それぞれの半導体レーザでの1000時間連続動作後のCODの発生する動作電流値、すなわちCODレベルの比較を示す。

【0038】図5からわかるように、1000時間連続動作後においても本発明による半導体レーザのCODレベルは500mW以上である。また、前記の如くCODレベルは、連続動作開始時から変化していない。しかし、従来の半導体レーザのCODレベルは、1000時間連続動作後には200mW程度に減少している。

【0039】上記のCODレベルの比較は、本発明による半導体レーザにおいては、CODの抑制がより進んでおり、従来よりも高出力動作時における信頼性に優れていることを示す。

【0040】以上の説明では、パッシベーション膜を形成する材料としてAlを取り上げて説明したが、これ以外にもSi、Ga及びTiがパッシベーション膜として優れている。つまり、Alの他にSi、Ga及びTiからなる群より選んだ元素の窒化物で第1の薄膜を形成し、同じく、Alの他にSi、Ga及びTiからなる群より選んだ元素の酸化物（酸化窒化物を含む）で第2の薄膜を形成しても良い。これら第1、第2の薄膜は誘電体膜でもある。また、パッシベーション膜の2層のうち第1の薄膜の厚さとしては0.5nm～10nmが適し、第2の薄膜の厚さとしては50nm～1000nmが適している。さらに薄膜形成方法としてECRプラズマ付着法をとりあげたが、本発明においては、上記第2の薄膜を形成する際に他の薄膜形成方法を用いることもできる。あるいは、上記第1の薄膜または第2の薄膜を形成する際に、予めプラズマ・クリーニングを行った後に、薄膜形成することもできる。

【0041】

【発明の効果】以上説明したことから明らかなように、本発明による半導体レーザによれば、パッシベーション膜を窒化膜など酸素を組成元素しない第1の材料からなる第1の薄膜、および酸化膜や酸化窒化膜など酸素を組成元素とする第2の材料からなる第2の薄膜の2層よりなる構成とすることにより、半導体界面の酸化の進行を防止できる。さらに、膜応力を低減でき、膜の熱伝導率を高くできる。

【0042】また、本発明による半導体レーザの製造方法によれば、少なくとも第1の薄膜をプラズマ・クリーニング作用を有する薄膜形成方法によって形成するので、緻密なパッシベーション膜を形成することにより、酸素の拡散に対する障壁として機能でき、および半導体界面の禁制帯幅の温度変化を抑制できる。さらに、膜付着時のプラズマによるクリーニング効果で、半導体界面

の酸素やダングリングボンドの数を減少できる。従って、他の劣化を伴うことなくCODを十分に抑制できるので、高出力動作時における信頼性を改善した半導体レーザを提供できるという利点がある。また、真空雰囲気中でなくても劈開を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一例としての半導体レーザのリッジ・ストライプと垂直な断面構造を示す図。

【図2】本発明の一例としての半導体レーザの製造方法の手順を示す図。

【図3】パッシベーション膜を形成するためのECRスパッタ（プラズマ付着）装置の構成の概略を示す図。

【図4】本発明の適用による5nmのAlNと110nmのAl₂O₃により構成された2層のパッシベーション膜を有する半導体レーザを150mW一定の光出力で連続動作させた場合の動作電流と動作時間の関係を示す図。

【図5】本発明の適用による半導体レーザと、従来の110nmのAl₂O₃により構成された1層のパッシベーション膜を有する半導体レーザとの、1000時間連続動作後における光出力と動作電流の関係を示す図。

【符号の説明】

- 1 n⁺-GaAs基板
- 2 n-GaAsバッファ層
- 3 n-AlGaAsクラッド層
- 4 AlGaAsガイド層
- 5 AlGaAsSCH層
- 6 InGaAs歪量子井戸活性層
- 7 AlGaAsSCH層
- 8 AlGaAsガイド層
- 9 p-AlGaAsクラッド層
- 10 p⁺-GaAsコンタクト層
- 11 絶縁層
- 12 p電極
- 13 n電極
- 14 レーザウェハ
- 15 分割されたウェハ
- 15a, 15b 劈開面
- 16 AlN膜（第1の薄膜）
- 17 Al₂O₃膜（第2の薄膜）
- 18 パッシベーション膜
- 19 高反射膜
- 20 レーザチップ
- 31 マイクロ波導波管
- 32 石英窓
- 33 プラズマ室
- 34 ターゲット
- 35 試料
- 36 外部磁場を加える磁気コイル
- 37 スパッタ電源

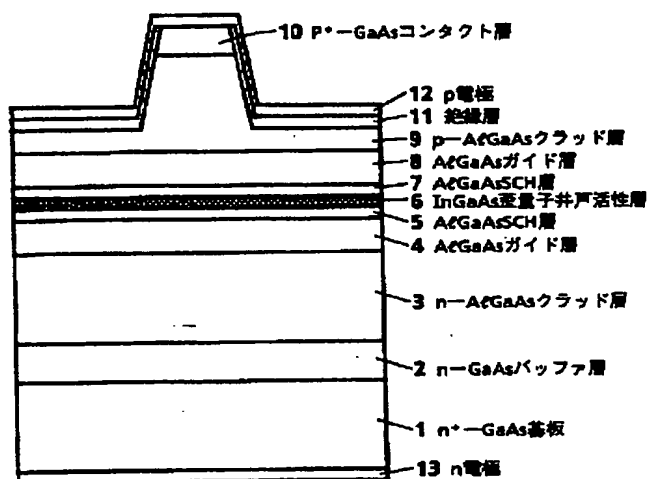
(7)

38 プラズマ流

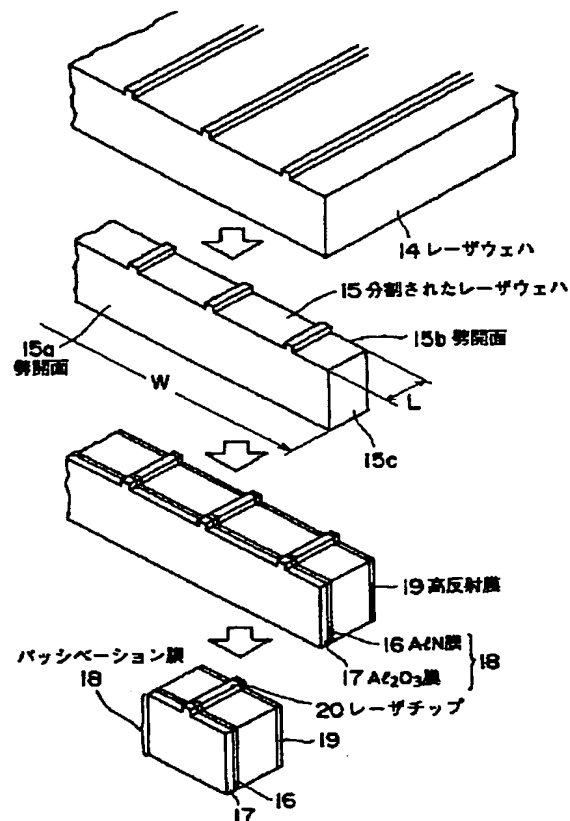
41 本発明の適用による半導体レーザの動作電流曲線

51 本発明の適用による半導体レーザの光出力曲線

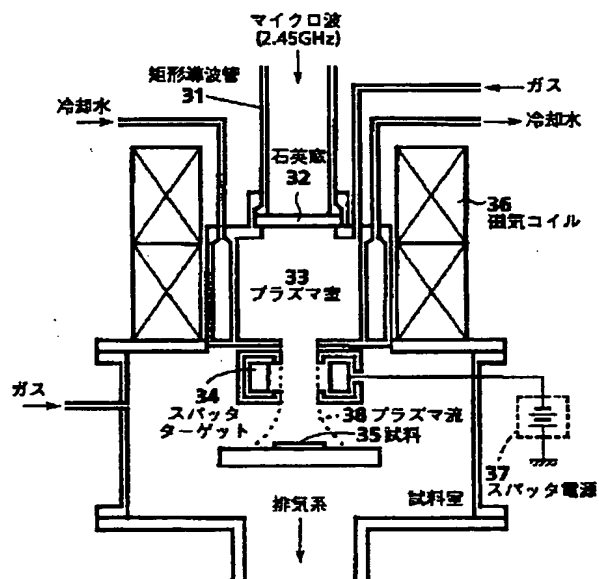
【図1】



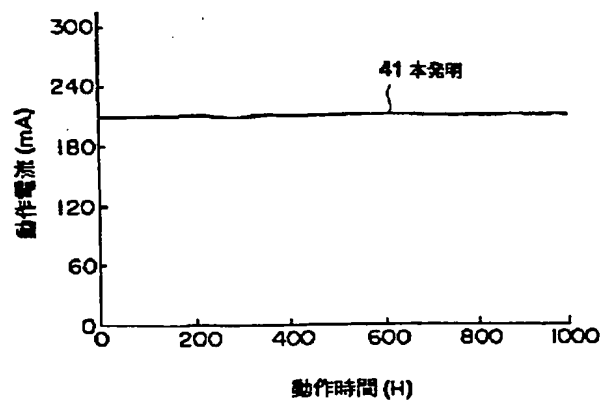
【図2】



【図3】

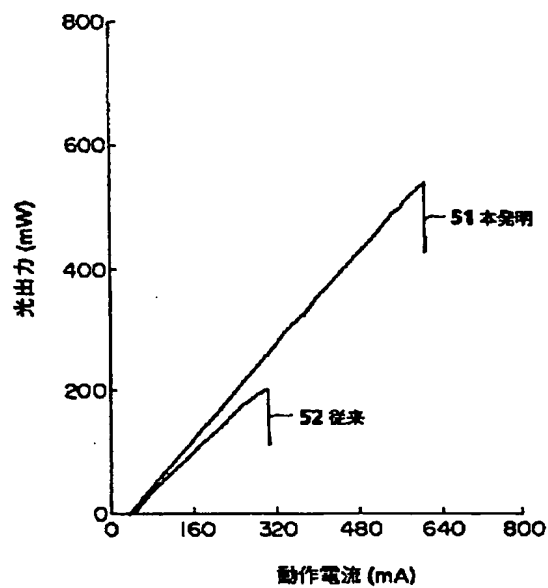


【図4】



(8)

【図5】



フロントページの続き

(72) 発明者 板屋 義夫
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内